

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

10

(11)Publication number : 08-129579

(43)Date of publication of application : 21.05.1996

(51)Int.Cl.

G06F 17/50

G06F 17/00

(21)Application number : 06-289229

(71)Applicant : FUJITA CORP

(22)Date of filing : 28.10.1994

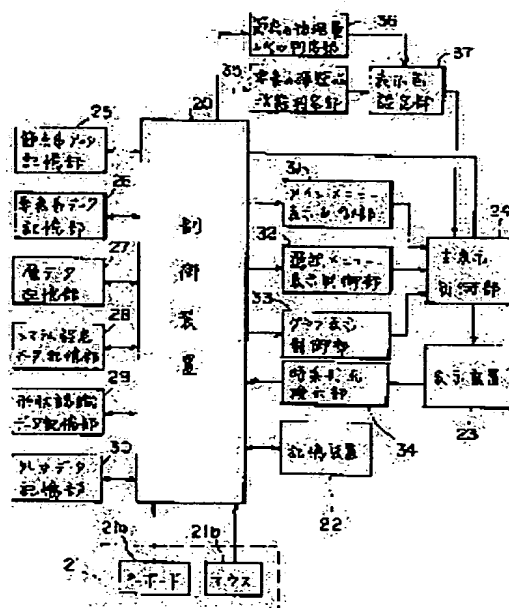
(72)Inventor : KATAYAMA KAZUYUKI
HONMA TOSHIO

(54) RESPONSE SIMULATION DISPLAY SYSTEM FOR SKELETON STRUCTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily display physical quantity levels of respective nodes, respective elements, and a plane element constituting the skeleton structure through an easy operation and to easily view the physical quantity levels of the respective elements, respective elements, and a plane element on a CG screen.

CONSTITUTION: To display the physical quantity levels of all the nodes, elements, or plane element of a skeleton structure, an optional point on a node system graph, an element system graph, or a correlation system graph displayed on a display device 23 or an optional point on the time base of the graph is specified with a mouse 21b, and physical quantity data on the respective nodes, elements or plane element at the specified time are read out of a data storage part 25 or 26, and an elastic or plastic state judging part 35 for the elements or physical quantity level decision part 36 for the nodes decide physical quantity levels and on the basis of the judged results, a display color setting part 37 sets the display colors of the physical quantity levels to make a color-distinctive display on the display device 23.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3603190

[Date of registration]

08.10.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-129579

(43) 公開日 平成8年(1996)5月21日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/50 17/00		9191-5H 9069-5L	G 0 6 F 15/ 60 15/ 20	6 1 2 G D

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 17 頁)

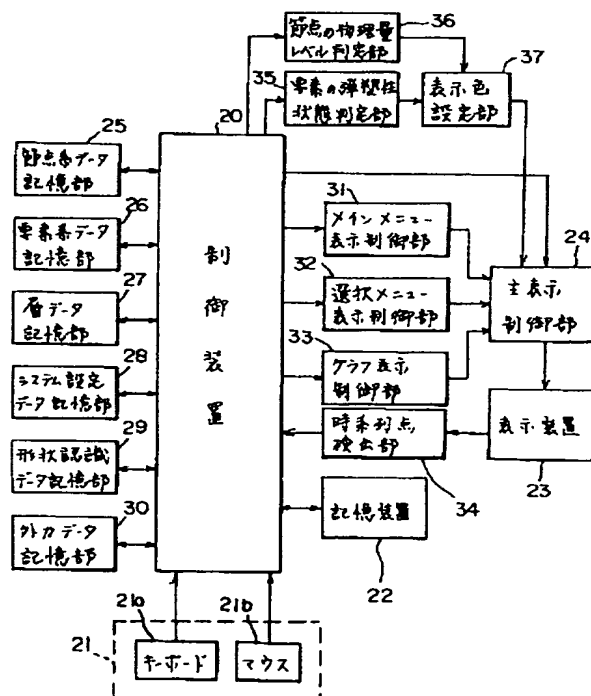
(21) 出願番号	特願平6-289229	(71) 出願人	000112668 株式会社フジタ 東京都渋谷区千駄ヶ谷四丁目6番15号
(22) 出願日	平成6年(1994)10月28日	(72) 発明者	片山 和行 東京都渋谷区千駄ヶ谷四丁目6番15号 株 式会社フジタ内
		(72) 発明者	本間 俊雄 東京都渋谷区千駄ヶ谷四丁目6番15号 株 式会社フジタ内
		(74) 代理人	弁理士 野田 茂

(54) 【発明の名称】 骨組構造物の応答シミュレーション表示システム

(57) 【要約】

【目的】 骨組構造物を構成する各節点や各要素及び面要素の物理量レベルを簡単な操作で容易に表示し、各節点、各要素や面要素の物理量レベルをCG画面上から容易に視認できることを目的とする。

【構成】 骨組構造物10の全ての節点12や要素11または面要素13の物理量レベルを表示する場合は、表示装置10に表示された節点系グラフ、要素系グラフまたは相関系グラフ上の任意の点もしくは該グラフの時間軸上の任意の点をマウス21bで指定し、この指定された時刻における各節点12や要素11または面要素13の物理量データを各データ記憶部25、26から読み出して、要素の弾塑性状態判定部35または節点の物理量レベル判定部36により物理量レベルを判定し、この判定結果を基に表示色設定部37で物理量レベルの表示色を設定して表示装置23に色分け表示する構成にした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 地震等の時間と共に変化する外力の応答解析結果である骨組構造物の時間と共に変化する変形データを用いて骨組構造物の揺れを動画にし、同時刻における骨組構造物の節点に関する物理量や骨組構造物の要素に関する物理量のグラフ、要素の相関係グラフまたは骨組構造物層レベルの相関係グラフを骨組構造物の揺れの動画に同期させて表示装置にリアルタイムに表示する骨組構造物の応答シミュレーション表示システムであって、

前記骨組構造物の外力応答解析結果から時系列データとして得られる各節点に関する節点系データ、各要素に関する要素系データ及び層認識のある前記骨組構造物の解析結果に存在する各層の層剪断力と層間変位データを格納する解析結果データ記憶手段と、

システム全体を操作するマンマシンインタフェース用のメインメニューを前記表示装置に表示するとともに該メインメニュー上の節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ等の表示項目の1つをクリックすることにより、該クリックされた表示項目に相当する骨組構造物のアニメーション表示を含む表示処理を実行させるメインメニュー表示制御手段と、

前記表示装置に表示された前記節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフをクリックすることにより前記解析結果データ記憶手段から前記節点、要素または層に関する物理量の時系列データを読み出し、該物理量のグラフを前記表示装置に前記骨組構造物のアニメーション表示と同期して表示するグラフ表示制御手段と、

前記表示装置に表示された前記節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ上の任意の時系列点もしくは該グラフの時間軸上の任意の時系列点を指定する時系列点指定手段と、

前記指定された時系列点における各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを前記表示装置に表示された骨組構造物の対応する各節点、各要素または各面要素部分に物理量レベル値に応じて色分け表示する物理量レベル表示制御手段と、

を備えてなる骨組構造物の応答シミュレーション表示システム。

【請求項2】 前記物理量レベル表示制御手段は、各要素の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降伏状態等の弾塑性域の物理量レベルを判定する要素の弾塑性状態判定部と、各節点の変位や加速度のレベルが基準値以内か以上かを判定する節点の物理量レベル判定部と、前記各判定部からの判定結果に基づいて要素または節点の表示色を設定する表示色設定部とから構成される請求項1記載の骨組構造物の応答シミュレーション表示システム。

【請求項3】 前記指定手段は、前記表示装置に表示される各節点や各要素または面要素の物理量グラフ上の任

意の点もしくは該グラフの時間軸上の任意の点をピックアップする手段と、該手段でピックアップしたときの時系列点を検出する時系列点検出部とから構成される請求項1記載の骨組構造物の応答シミュレーション表示システム。

【請求項4】 前記各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを前記表示装置に表示するときの骨組構造物が静止画である請求項1または2記載の骨組構造物の応答シミュレーション表示システム。

【請求項5】 前記静止画で表示される骨組構造物の前後の画像を駒送り、駒戻しにより表示できるようにした請求項3記載の骨組構造物の応答シミュレーション表示システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、研究者や設計者等を支援するのに好適な骨組構造物の動的応答解析結果を可視化する骨組構造物の応答シミュレーション表示システムに関し、より詳しくは、骨組構造物の揺れの状態（動画）と、同時刻における骨組構造物の各要素（部材）や各節点（部材端点）の物理量を表わすグラフとを同期させて、リアルタイムにアニメーション表示するとともに、弾塑性解析を可能にした骨組構造物の応答シミュレーション表示システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の応答シミュレーション表示システムとしては、本願出願人等によって開発され、既に出願済みである（特開平3-223326号）。この応答シミュレーション表示システムは、骨組構造物の時間と共に変化する変形データ（変位時刻歴データ）を用いて骨組構造物の揺れを動画にし、加えて、同時刻における骨組構造物の節点に関する物理量（変位、速度、加速度など）や骨組構造物の要素に関する物理量（モーメント力、剪断力、捩り力、軸力などの応力や相対変位など）のグラフあるいは設計段階で最も必要となる層剪断力、層間変位等の高さ方向に関する図形をその骨組構造物の揺れる動画に同期させ、同時性を確保した状態で、同一画面上にリアルタイムにアニメーション表示するものである。なお、柱、梁等の線材と線材の組み合わせにより構成されている構造を骨組構造物と称し、各線材を要素と云い、線材間の接合点を節点と云う。

【0003】このようなシステムによれば、骨組構造物の動的応答解析結果を、研究者や設計者がより正確に理解できるように、コンピュータ・グラフィックスを利用してシミュレーションすることにより、骨組構造物全体のグローバルな力学的挙動及び節点、要素のローカルな力学的挙動を容易に把握することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、CRT画面上に骨組構造物の揺れる動画に同期して各節点や各要素の物理量等をグラフ表示する場合、節点に関する物理量

には、各方向成分の変位、速度、加速度や温度などがあり、また、要素に関する物理量には、軸力、軸変形、要素両端の各強軸と弱軸の曲げ力、剪断力、捩り力あるいは部材の情報などがあり、さらに面要素（耐震壁）に関しては、剪断力、剪断変形などがある。これに加えて、1つの骨組構造物を構成する節点、要素及び面要素の各数が100～10000単位の数になり、しかも、これら節点、要素及び面要素の解析結果は0.002～0.01秒刻みの20～60秒までの時系列データであるため、これらの物理量をグラフ化するためのデータ群は膨大な量となる。

【0005】従って、研究者や設計者が任意に節点、要素及び面要素の任意の物理情報を表示画面上の指定場所に即座にグラフ表示したり、動画内に表示させるには、必要とするデータ群の選択において全データ群の内容を把握していなければならず、これらの膨大なデータ群を利用して構造物の多数の要素及び節点等に関する力学的挙動、特に、構造物の要素及び節点等の弾塑性状態を的確に把握するのは益々難しくなっている。これは、表示システムのリアルタイムアニメーション機能がハードの処理能力に依存しているため、CG画面上への表示情報数が多くなり過ぎるとアニメーションのスピードが極端に遅くなり、物理量の観察や考察が困難になってしまうからである。

【0006】そこで、上記特開平3-223326号に示す表示システムにおいて、節点や要素の弾塑性域における物理量レベル（節点では、その弾塑性域で生じる加速度や変位レベルなど、要素では、その弾塑性域で生じるひび割れや塑性レベルなど）を表示する場合は、アニメーションのスピードが極端に遅くなった時点で、ユーザが節点や要素の物理量レベルを観察したいと思う時刻をキーボード等から入力し、この時刻における物理量レベルで描かれる構造物のCG画像を表示装置に一旦表示し、このCG画像がユーザの求める状態のものを確認し、目的の状態が表示されるまで上記作業を繰り返して行う。

【0007】しかしながら、上述のような従来方式では、目的の状態を表示するまでに試行錯誤が必要で、多くの時間がかかるほか、CG画像を見ただけでは構造物のどの部分にクラックや塑性変形が生じているかを判断することができず、構造物の弾塑性解析に支障を来すほか、研究者や設計者の支援可視化システムとしては不満足なものであった。

【0008】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、骨組構造物を構成する各節点や各要素及び面要素の物理量レベルを簡単な操作で容易に表示できるとともに、各節点や要素及び面要素の物理量レベルの状態変化をCG画面上から容易に視認できる骨組構造物の応答シミュレーション表示システムを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、地震等の時間と共に変化する外力の応答解析結果である骨組構造物の時間と共に変化する変形データを用いて骨組構造物の揺れを動画にし、同時刻における骨組構造物の節点に関する物理量や骨組構造物の要素に関する物理量のグラフ、要素の相関係グラフまたは骨組構造物層レベルの相関係グラフを骨組構造物の揺れの動画に同期させて表示装置にリアルタイムに表示する骨組構造物の応答シミュレーション表示システムであって、前記骨組構造物の外力応答解析結果から時系列データとして得られる各節点に関する節点系データ、各要素に関する要素系データ及び層認識のある前記骨組構造物の解析結果に存在する各層の層剪断力と層間変位データを格納する解析結果データ記憶手段と、システム全体を操作するマンマシンインタフェース用のメインメニューを前記表示装置に表示するとともに該メインメニュー上の節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ等の表示項目の1つをクリックすることにより、該クリックされた表示項目に相当する骨組構造物のアニメーション表示を含む表示処理を実行させるメインメニュー表示制御手段と、前記表示装置に表示された前記節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフをクリックすることにより前記解析結果データ記憶手段から前記節点、要素または層に関する物理量の時系列データを読み出し、該物理量のグラフを前記表示装置に前記骨組構造物のアニメーション表示と同期して表示するグラフ表示制御手段と、前記表示装置に表示された前記節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ上の任意の時系列点もしくは該グラフの時間軸上の任意の時系列点を指定する時系列点指定手段と、前記指定された時系列点における各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを前記表示装置に表示された骨組構造物の対応する各節点、各要素または各面要素部分に物理量レベル値に応じて色分け表示する物理量レベル表示制御手段とを備えてなるものである。

【0010】また、本発明は、前記物理量レベル表示制御手段を、各要素の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降伏状態等の弾塑性域の物理量レベルを判定する要素の弾塑性状態判定部と、各節点の変位や加速度のレベルが基準値以内か以上かを判定する節点の物理量レベル判定部と、前記各判定部からの判定結果に基づいて要素または節点の表示色を設定する表示色設定部とから構成した。さらに、本発明は、前記指定手段を、前記表示装置に表示される各節点や各要素または面要素の物理量の時刻歴グラフ上の任意の点もしくは該グラフの時間軸上の任意の点をピックする手段と、該手段でピックしたときの時系列点を検出する時系列点検出部とから構成した。また、本発明は、前記各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを前記

表示装置に表示するときの骨組構造物を静止画とした。また、本発明は、前記静止画で表示される骨組構造物の前後の画像を駒送り、駒戻しにより表示できるようにした。

【0011】

【作用】本発明においては、地震等の時間と共に変化する外力の応答解析結果である骨組構造物の揺れの状態（動画）と、同時刻における各節点や各要素の物理量を表示するグラフとを同期させて表示装置にリアルタイムに表示している時に、骨組構造物の全ての節点や要素または面要素の物理量レベルを表示する場合は、表示装置に表示された節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ上の任意の点もしくは該グラフの時間軸上の任意の点をマウス等の時系列点指定手段により指定し、この指定指令を受けた物理量レベル表示制御手段は、指定された時系列点における各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを、表示装置に表示された骨組構造物の対応する各節点、各要素または各面要素部分に物理量レベル値に応じて色分け表示する。

【0012】従って、骨組構造物を構成する各節点や各要素及び面要素の物理量レベルを簡単な操作で容易に表示できるとともに、各節点の変位や加速度のレベル、または各要素や面要素の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降伏状態等の弾塑性の状態変化をCG画面上から容易に視認し得る。また、本発明においては、各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを表示装置に表示するときの骨組構造物を静止画とし、かつ静止画で表示される骨組構造物の前後の画像を駒送り、駒戻しにより表示することにより、注目する部位及び応答時刻を容易に捉えることが可能になる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面に基づいて説明する。図1は本発明の一実施例による高層建築物等の骨組構造物における応答シミュレーション表示システムの構成を示すブロック図、図2は骨組構造物の概略図である。

【0014】図2において、骨組構造物10は多数の線材11を組み合わせにより構成され、この各線材11を要素と云い、各線材11間の接合点12を節点と云う。また、13は耐震壁を構成する面要素である。なお、骨組構造物10の地震、風力による外力応答解析結果から得られる力学情報（物理量）は上記各要素と節点、及び面要素に有する。

【0015】節点の力学情報である節点系データの種類には、変位、加速度、速度、温度、入力外力などがある。また、要素の力学情報である要素系データの種類には、軸力、軸変形、i 端の強軸方向曲げ力、i 端の強軸方向回転角、i 端の弱軸方向曲げ力、i 端の弱軸方向回転角、j 端の強軸方向曲げ力、j 端の強軸方向回転角、

j 端の弱軸方向曲げ力、j 端の弱軸方向回転角、強軸方向の剪断力、強軸方向の剪断変形、弱軸方向の剪断力、弱軸方向の剪断変形などがある。さらに、面要素の力学情報である面要素データの種類には、剪断力、剪断変形などがある。

【0016】次に、図1の構成について説明する。図1において、20はエンジニアリングワークステーション等から構成される制御装置であり、この制御装置20は形状認識データ、外力データ、解析結果データ、システム設定データ等に基づいて骨組構造物10のアニメーション作成処理を行うと共に、システム全体を制御し管理する機能を備えている。上記制御装置20には、キーボード21a及びマウス21b等からなる入力装置21が接続され、さらに、制御装置20には、ここで処理されたアニメーション画像データ等を格納するハードディスク等の記憶装置22が接続されている。また、制御装置20には、CRT等の表示装置23が主表示制御部24を介して接続されており、この表示装置23には、これに表示される節点や要素または面要素の物理量グラフ上の任意の点、または該グラフの時間軸上の任意の点をマウス21bでピックアップしたときの時系列点を検出する時系列点検出部34が接続され、この時系列点検出部34で検出された時系列点情報は制御装置20に入力される。

【0017】上記制御装置20には、節点系データ記憶部25、要素系データ記憶部26、層データ記憶部27、システム設定データ記憶部28、形状認識データ記憶部29及び外力データ記憶部30がそれぞれ接続され、さらに、制御装置20には、メインメニュー表示制御部31、選択メニュー表示制御部32、グラフ表示制御部33及び要素の弾塑性状態判定部35と、節点の物理量レベル判定部36がそれぞれ接続されている。また、上記要素の弾塑性状態判定部35と節点の物理量レベル判定部36の出力側には、これら判定部からの判定結果に基づいて要素または節点等の表示色を設定する表示色設定部37が接続され、この表示色設定部37の表示色設定信号は主表示制御部24に出力される。

【0018】上記節点系データ記憶部25は、骨組構造物10の外力応答解析結果から時系列データとして得られる各節点12の物理量をファイルとして格納するもので、各節点に関する物理量のファイルは、各々相対変位データを構築するファイル「*.dis」、相対速度データを構築するファイル「*.vel」、絶対加速度データを構築するファイル「*.acc」を備える。なお、節点の各物理量データは全体座標系におけるX、Y、Z成分とノルム（絶対値）を持っている。

【0019】上記要素系データ記憶部26は、骨組構造物10の外力応答解析結果から時系列データとして得られる各要素11の物理量をファイルして格納するもので、各要素に関する物理量のファイルは、梁・柱要素の軸力Nと軸変形dx及び捩れ力Mxと捩れ角θxのデー

10

20

30

40

50

タを構築するファイル「*.nj」、要素両端部での強軸と弱軸回りの曲げモーメント M_y 、 M_z 及び回転角 θ_y 、 θ_z のデータを構築するファイル「*.mi」と「*.mj」、要素の強軸と弱軸方向の剪断力 F_y 、 F_z と剪断変形 d_y 、 d_z に関するデータを構築するファイル「*.qd」、耐震壁の面要素に関する剪断力 Q と剪断変形 S のデータを構築するファイル「*.mkw」を備える。

【0020】上記層データ記憶部27は、層認識のある骨組構造物10の解析結果に存在する各層の層剪断力と層間変位データをファイルとして格納するもので、層剪断力と層間変位のデータを各層毎に構築するファイル「*.rel」を備える。

【0021】上記システム設定データ記憶部28のデータは、ファイル「*.inf」及びファイルRUN-FILEで構成され、ファイル「*.inf」には解析条件や解析結果データのメモが記憶されており、このデータ内容はシステム起動中に表示装置のCG画面上に表示される。なお、この表示内容はキーボード21aからの入力によって自由に書き換えられ、そして、ファイルの内容は表示内容に書き換えられる。また、RUN-FILEは、アニメーション表示の設定に関するデータ、例えば線材の太さや色の指定、グラフの線の太さや色等を指定するデータで構築される。

【0022】上記形状確認データ記憶部29は、骨組構造物の形状を確認させる節点座標値、要素構成節点番号及び要素の持つ降伏曲面を指定する番号データを構築するファイル「*.dat」と、ファイル「*.dat」内の降伏曲線番号に対応して保管され、降伏曲面を放物線や楕円によって近似的に作成するためのデータで構築される「ファイル*.nmm」とから構成される。

【0023】上記外力データ記憶部30は、ファイル「*.inp」から構成され、このファイル「*.inp」には、想定する動的応答解析に必要な地震と風に相当する外力データが時系列データで記録されている。

【0024】上記メインメニュー表示制御部31は、システム全体を操作するマンマシンインタフェース用のメインメニューを表示装置23に表示するとともに該メインメニュー上の表示項目の1つをクリックすることにより、該クリックされた表示項目に相当する表示処理を実行させるためのものであり、このメインメニューデータは記憶装置22に格納される。図3は、メインメニューの表示例を示す。

【0025】上記選択メニュー表示制御部32は、メインメニュー上の表示項目をクリックすることにより選択される節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフのそれぞれの物理量に関する種類の異なる複数のデータファイルと物理量成分との関係をマトリクステーブルに構成した選択メニューを表示装置23に表示するためのものであり、これらの選択メニューデータは記憶装置2

2に格納されている。また、この各選択メニューデータは選択メニュー表示制御部32で処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力される。各選択メニューの表示例を図4～図6に示す。図4は節点系グラフの選択メニューであり、図5は要素系グラフの選択メニューであり、また、図6は相関係グラフの選択メニューである。

【0026】上記グラフ表示制御部33は、表示装置23に選択表示された節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフに関する選択メニュー上の任意の物理量成分箇所をクリックすることにより節点系データ記憶部25、要素系データ記憶部26、層データ記憶部27、システム設定データ記憶部28、形状認識データ記憶部29及び外力データ記憶部30から前記クリックされた物理量成分箇所に対応する時系列データ群を読み出して表示装置23に骨組構造物のアニメーション表示と同期してグラフ表示するためのものであり、このグラフ表示制御部33で処理されたグラフ表示信号は主表示制御部24を通して表示装置23に出力される。

【0027】上記要素の弾塑性状態判定部35は、骨組構造物10が外力応答解析データに基づいてアニメーション表示される時に、各要素11の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降伏状態等の弾塑性域の物理量レベルを判定するものであり、その物理量レベルの判定情報は表示色設定部37に出力される。また、上記節点の物理量レベル判定部36は、変位や加速度のレベルが基準値以内か以上かを判定するもので、その判定情報は表示色設定部37に出力される。

【0028】次に、上記のように構成された本実施例の骨組構造物の応答シミュレーション表示動作について説明する。まず、骨組構造物の非線形動的応答解析結果を追跡するアニメーション表示画面の基本構成について、図7～図10を参照して述べる。図7は節点系の表示画面を、図8は要素系の表示画面を、図9は要素の相関係表示画面を、図10は層の相関係表示画面をそれぞれ示している。

【0029】この図7～図10において、各表示画面231は、左側上方位置にアニメーション内容である解析条件リストを表示する表示部232を、右側上方位置に骨組構造物の変形状態を表示するアニメーション表示部233を、右側位置にマンマシンインタフェースを構成するメインメニュー表示部234を共通に有し、そして、節点系と要素系の表示画面231は、図7及び図8に示すように、時刻歴データをグラフ表示する3つのグラフ表示部235～237を更に備える。また要素と層の相関係表示画面231は、図9及び図10に示すように、要素または層の相関係グラフを表示する2つの相関係表示部238、239と、時刻歴データをグラフ表示する1つのグラフ表示部240を更に備える。

【0030】骨組構造物の応答シミュレーション表示に

際し、節点系グラフを表示する場合は、まず、表示画面231のメインメニュー表示部234に表示されている、図3に示すメインメニュー上の表示項目「節点系グラフ」をマウス21b（またはキーボード21a）の操作でクリックする。この指令を受けた主表示制御部24は、骨組構造物のCG画像のみがアニメーション表示部233に表示された図7に示す表示画面231を表示装置23に表示させるとともに、記憶装置22から節点系グラフの選択メニューデータを読み出して、図4に示す選択メニューを解析条件表示部232及びアニメーション表示部233と重ならないように表示画面231上の任意の位置にウインド表示する。

【0031】節点系グラフの選択メニューが表示画面231に選択表示されると、解析条件表示部233にシステム設定データ記憶部28から読み出された解析/解析コード、入力地震波形名等の各データが表示される。

【0032】次に、節点系グラフ選択メニューの表示画面231上において、指定する節点数が1つか、2つかをマウス21bでクリックすることにより選択する。この実施例では節点数「1つ」が選択された場合であり、この選択された項目箇所の表示は網目がかかった状態に変化する。次いで、どの節点の物理量をグラフ化するかを、アニメーション表示部233に表示されている図2に示すような構造物CG画像上の任意の節点12をマウス21bでクリックして指定する。これに伴い形状認識データ記憶部29から指定された節点12の番号が読み出され、この節点番号が選択メニュー上の「節点番号」の欄に記入表示される。なお、この節点番号はキーボード21aから直接入力することもできる。

【0033】次に、表示画面231のグラフ表示部（Aグラフ）235、グラフ表示部（Bグラフ）236、グラフ表示部（Cグラフ）237に節点の物理量をグラフ表示するか否かを選択する。グラフ表示する場合は、図4に示す選択メニュー画面において、「する」をマウス21bによりクリックし、「する」の表示を網目がかかった状態に変化させる。その後、各グラフ表示部にファイル「*.dis」、「*.vel」、「*.acc」、「*.inp」のどの成分を表示するかをマウス21bでクリックすることにより選択する。

【0034】例えば、表示画面231のグラフ表示部（Aグラフ）235に上記指定節点番号の節点12の相対変位をグラフ表示する場合は、グラフ表示部（Aグラフ）235に2本のグラフを同時に描けるので、図4に示す選択メニュー画面におけるAグラフ用の左側の選択マトリクステーブルA1では、ファイル「*.dis」のX成分を選択し、Aグラフ用の右側の選択マトリクステーブルA2では、ファイル「*.dis」のY成分を選択する。選択されると、その選択箇所の表示は網目状態に変化する。

【0035】また、表示画面231のグラフ表示部（B

グラフ）236に上記指定節点番号の節点12の相対速度をグラフ表示する場合は、グラフ表示部（Bグラフ）236に2本のグラフを同時に描けるので、図4に示す選択メニュー画面におけるBグラフ用の左側の選択マトリクステーブルB1では、ファイル「*.vel」のX成分を選択し、Bグラフ用の右側の選択マトリクステーブルB2では、ファイル「*.vel」のY成分を選択する。選択されると、その選択箇所の表示は網目状態に変化する。

【0036】同様にして、表示画面231のグラフ表示部（Cグラフ）237に上記指定節点番号の節点12の絶対加速度をグラフ表示する場合は、グラフ表示部（Cグラフ）237に2本のグラフを同時に描けるので、図4に示す選択メニュー画面におけるCグラフ用の左側の選択マトリクステーブルC1では、ファイル「*.acc」のX成分を選択し、Cグラフ用の右側の選択マトリクステーブルC2では、ファイル「*.acc」のY成分を選択する。選択されると、その選択箇所の表示は網目状態に変化する。

【0037】このようにして、上記指定節点番号の節点12に対するAグラフ～Cグラフ表示用のデータ選択が終了したならば、図4に示す選択メニュー画面上の「データ設定」をマウス21bでクリックすることにより、グラフ表示のためのデータを設定する。その後、図3に示すメインメニュー上の「開始」をマウス21bでクリックして、地震または風の外力データに対する外力応答シミュレーション表示を開始する。

【0038】メインメニュー上の「開始」がマウス21bでクリックされると、解析条件に応じて求められた骨組構造物10の時間的に変化する変形データ（変位時刻歴データ）は主表示制御部24によりCG画像に処理され、このCG画像信号を表示装置23に出力することにより、骨組構造物の揺れる動画がアニメーション表示部233に表示される。また、この揺れる骨組構造物の動画40には、前記指定された節点12の位置を示すマーク40aが表示される。

【0039】一方、前記骨組構造物の揺れる動画の処理と同時刻における前記指定節点12の前記選択メニューで選択された相対変位に関するX成分及びY成分の時系列データが節点系データ記憶部25のファイル「*.dis」から順次読み出され、この各時系列データはグラフ表示制御部33でグラフ表示用のCG画像に処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部（Aグラフ）235には、前記指定節点12の物理量である相対変位のX成分及びY成分が骨組構造物の揺れる動画に同期して、図7に示すようにグラフ表示される。このグラフの縦軸はX、Y軸方向の相対変位を示し、横軸は時刻を示す。

【0040】また、前記骨組構造物の揺れる動画の処理

と同時刻における前記指定節点12の前記選択メニューで選択された相対速度に関するX成分及びY成分の時系列データが節点系データ記憶部25のファイル「*.vel」から順次読み出され、この各時系列データはグラフ表示制御部33でグラフ表示用のCG画像に処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(Bグラフ)236には、前記指定節点12の物理量である相対速度のX成分及びY成分が骨組構造物の揺れる動画に同期して、図7に示すようにグラフ表示される。このグラフの縦軸はX、Y軸方向の相対速度を示し、横軸は時刻を示す。

【0041】さらに、前記骨組構造物の揺れる動画の処理と同時に前記指定節点12の前記選択メニューで選択された絶対加速度に関するX成分及びY成分の時系列データが節点系データ記憶部25のファイル「*.acc」から順次読み出され、この各時系列データはグラフ表示制御部33でグラフ表示用のCG画像に処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(Cグラフ)237には、前記指定節点12の物理量である絶対加速度のX成分及びY成分が骨組構造物の揺れる動画に同期して、図7に示すようにグラフ表示する。このグラフの縦軸はX、Y軸方向の絶対加速度を示し、横軸は時刻を示す。

【0042】また、図4に示す選択メニューにおいて、Aグラフ、BグラフまたはCグラフ用の左及び右側の選択マトリクステーブル上における「*.inp」欄のX、YまたはZの箇所をマウスでクリックすれば、グラフ表示部235～237の1つに地震または風の時刻歴を骨組構造物の揺れる動画に同期してグラフ表示することができる。

【0043】このように選択メニュー上の節点1つを指定すると、各グラフ表示部235～237には、1つの節点の異なる2つの物理量の比較グラフを表示させることができ、また、節点2つを指定すると、異なる節点での同一物理量の比較グラフを各グラフ表示部235～237に表示させることができる。

【0044】次に、要素系グラフを表示する場合について説明する。この場合は、まず、表示画面231のメインメニュー表示部234に表示されている、図3に示すメインメニュー上の表示項目「要素系グラフ」をマウス21b(またはキーボード21a)の操作でクリックする。この指令を受けた主表示制御部24は、骨組構造物のCG画像のみがアニメーション表示部233に表示された図8に示す表示画面231を表示装置23に表示させるとともに、記憶装置22から要素系グラフの選択メニューデータを読み出して、図5に示す選択メニューを解析条件表示部232及びアニメーション表示部233と重ならないように表示画面231上の任意の位置にウイ

ンド表示する。

【0045】要素系グラフの選択メニューが表示画面231に選択表示されると、解析条件表示部233にシステム設定データ記憶部28から読み出された解析/解析コード、入力地震波形名等の各データが表示される。

【0046】次に、要素系グラフ選択メニューの表示画面231上において、指定する要素数が1つか、2つかをマウス21bでクリックすることにより選択する。ここで、マウス指定の要素が梁である場合は、「マウス指定要素」項目の「梁」の表示が網目状に変化し、マウス指定の要素が壁の場合は「壁」の表示が網目状に変化する。また、梁要素を指定した場合は、ファイル「*.mkw」の成分が指定できなくなり、壁要素を指定した場合は、ファイル「*.nj」、「*.mi」、「*.mj」、「*.qd」の各成分が選択できなくなる構成になっている。この実施例では、柱要素1つが選択された場合について述べる。この場合、「指定要素数」項目の「1つ」の表示が網目状に変化する。

【0047】次いで、どの柱要素の物理量をグラフ化するかを、アニメーション表示部233に表示されている図2に示すような構造物CG画像上の任意の柱要素11をマウス21bでクリックして指定する。これに伴い形状認識データ記憶部29から指定された柱要素11の番号が読み出され、この要素番号が選択メニュー上の「要素番号」の欄に記入表示される。なお、この柱要素番号はキーボード21aから直接入力することもできる。

【0048】次に、図8に示す表示画面231のグラフ表示部(Dグラフ)235、グラフ表示部(Eグラフ)236、グラフ表示部(Fグラフ)237に柱要素の物理量をグラフ表示するか否かを選択する。グラフ表示する場合は、図5に示す選択メニュー画面において、「する」をマウス21bによりクリックし、「する」の表示を網目状に変化させる。その後、各グラフ表示部にファイル「*.nj」、「*.mi」、「*.mj」、「*.qd」、「*.mkw」のどの成分を表示するかをマウス21bでクリックすることにより選択する。

【0049】例えば、表示画面231のグラフ表示部(Dグラフ)235に上記指定柱要素番号の柱要素11のi端(柱頭)での曲げモーメントMをグラフ表示する場合は、グラフ表示部(Dグラフ)235に2本のグラフを同時に描けるので、図5に示す選択メニュー画面におけるDグラフ用の左側の選択マトリクステーブルD1では、ファイル「*.mi」の強軸回り成分Myを選択し、Dグラフ用の右側の選択マトリクステーブルD2では、ファイル「*.mi」の弱軸回り成分Mzを選択する。選択されると、その選択箇所の表示は網目状に変化する。

【0050】また、表示画面231のグラフ表示部(Eグラフ)236に上記指定柱要素番号の柱要素11のj端(柱脚)での曲げモーメントMをグラフ表示する場合

は、グラフ表示部(Eグラフ)236に2本のグラフを同時に描けるので、図5に示す選択メニュー画面におけるEグラフ用の左側の選択マトリクステーブルE1では、ファイル「*.mj」の強軸回り成分Myを選択し、Eグラフ用の右側の選択マトリクステーブルE2では、ファイル「*.mj」の弱軸回り成分Mzを選択する。選択されると、その選択箇所の表示は網目状に変化する。

【0051】同様に、表示画面231のグラフ表示部(Fグラフ)237に上記指定柱要素番号の柱要素11軸力Nをグラフ表示する場合は、グラフ表示部(Fグラフ)237に2本のグラフを同時に描けるので(この実施例では1本のみを描いている)、図5に示す選択メニュー画面におけるFグラフ用の左側の選択マトリクステーブルF1では、ファイル「*.nj」のNを選択する。選択されると、その選択箇所の表示は網目状に変化する。

【0052】このようにして、上記指定柱要素番号の柱要素11に対するDグラフ～Fグラフ表示用のデータ選択が終了したならば、図5に示す選択メニュー画面上の「データ設定」をマウス21bでクリックすることにより、グラフ表示のためのデータを設定する。その後、図3に示すメインメニュー上の「開始」をマウス21bでクリックして、地震または風の外力データに対する外力応答シミュレーション表示を開始する。

【0053】メインメニュー上の「開始」がマウス21bでクリックされると、解析条件に応じて求められた骨組構造物10の時間的に変化する変形データ(変位時刻歴データ)は主表示制御部24によりCG画像に処理され、このCG画像信号を表示装置23に出力することにより、骨組構造物の揺れる動画がアニメーション表示部233に表示される。また、この揺れる骨組構造物の動画41には、前記指定された柱要素11の位置を示すマーク41aが表示される。

【0054】一方、前記骨組構造物の揺れる動画の処理と同時に、前記指定柱要素11の前記選択メニューで選択されたi端の曲げモーメントMに関するMy、Mz成分の時系列データが要素系データ記憶部26のファイル「*.mi」から順次読み出され、この各時系列データはグラフ表示制御部33でグラフ表示用のCG画像に処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(Dグラフ)235には、前記指定柱要素11のi端の物理量である強軸回りの曲げモーメントMy及び弱軸回りの曲げモーメントMzが骨組構造物の揺れる動画に同期して、図8に示すようにグラフ表示される。このグラフの縦軸は曲げモーメントを示し、横軸は時刻を示す。

【0055】また、前記骨組構造物の揺れる動画の処理と同時に、前記指定柱要素11の前記選択メニュー

で選択されたj端の曲げモーメントに関するMy、Mz成分の時系列データが要素系データ記憶部26のファイル「*.mj」から順次読み出され、この各時系列データはグラフ表示制御部33でグラフ表示用のCG画像に処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(Eグラフ)236には、前記指定柱要素11のj端の物理量である強軸回りの曲げモーメントMy及び弱軸回りの曲げモーメントMzが骨組構造物の揺れる動画に同期して、図8に示すようにグラフ表示される。このグラフの縦軸は曲げモーメントを示し、横軸は時刻を示す。

【0056】さらに、前記骨組構造物の揺れる動画の処理と同時に、前記指定柱要素11の前記選択メニューで選択された軸力の時系列データが節点系データ記憶部26のファイル「*.ni」から順次読み出され、この各時系列データはグラフ表示制御部33でグラフ表示用のCG画像に処理された後、主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(Fグラフ)237には、前記指定柱要素11の物理量である軸力Nが骨組構造物の揺れる動画に同期して、図8に示すようにグラフ表示される。このグラフの縦軸は軸力Nを示し、横軸は時刻を示す。

【0057】このように選択メニュー上の柱要素1つを指定すると、Dグラフ～Fグラフの各グラフ表示部235～237には、1つの柱要素の異なる2つの物理量の比較グラフを表示させることができ、また、柱要素2つを指定すると、異なった柱要素での同一物理量の比較グラフを各グラフ表示部235～237に表示させることができる。さらに、Dグラフ～Fグラフには、各選択マトリクステーブル内の選択項目1つをマウスで任意に指定することにより、梁・柱要素の軸力、軸変形、捩れ力、捩れ角、強軸と弱軸方向の曲げモーメント及び回転角、強軸と弱軸方向の剪断力と剪断変形、耐震壁の面要素に関する剪断力と剪断変形等を任意にグラフ表示させることができる。

【0058】次に、要素の持つ2つの物理量の相関関係を描く相関系グラフを表示する場合について説明する。要素の持つ2つの物理量の相関関係を描く場合は、まず、表示画面231のメインメニュー表示部234に表示されている、図3に示すメインメニュー上の表示項目「相関系グラフ1(要素)」をマウス21b(またはキーボード21a)の操作でクリックする。この指令を受けた主表示制御部24は、骨組構造物のCG画像のみがアニメーション表示部233に表示された図9に示す表示画面231を表示装置23に表示させるとともに、記憶装置22から相関系グラフ1の選択メニューデータを読み出して、図6に示す選択メニューを表示画面231上の任意の位置にウインド表示する。

【0059】次に、表示画面231に表示された図6の

10

20

30

40

50

選択メニューにおいて、マウスで指定される要素には梁と壁の2種類があり、このうちの何れかをマウスでクリックすることにより選択する。この実施例では、梁を選択する。次いで、どの梁要素の物理量をグラフ化するかを、アニメーション表示部233に表示されている図2に示すような構造物CG画像上の任意の梁要素をマウス21bでクリックして指定する。これに伴い形状認識データ記憶部29から指定された梁要素の番号が読み出され、この要素番号が選択メニュー上の「要素番号」の欄に記入表示される。なお、この梁要素番号はキーボード21aから直接入力することもできる。

【0060】かかる状態において、選択メニューに表示されているG1グラフの選択マトリクステーブルG11内のファイル「*.mi」に対応する選択項目My、Mzをマウスでクリックして選択すると、要素i端の曲げモーメントに関するMy、Mz成分の時系列データが要素系データ記憶部26のファイル「*.mi」から順次読み出され、この各時系列データをグラフ表示制御部33及び主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(G1グラフ)238には、指定要素のi端における強軸回りの曲げモーメントMy(縦軸)と弱軸回りの曲げモーメントMzとの相関関係を表わすグラフが骨組構造物の揺れる動画に同期して、図9に示すように表示される。

【0061】また、選択メニューに表示されているH1グラフの選択マトリクステーブルH11において、ファイル「*.mi」に対応する選択項目My、Mzをマウスでクリックして選択すると、要素i端の曲げモーメントに関するMy、Mz成分の時系列データが要素系データ記憶部26のファイル「*.mi」から順次読み出され、先に読み出された軸力Nの時系列データと共にグラフ表示制御部33及び主表示制御部24を通して表示装置23に出力することにより、表示画面231のグラフ表示部(H1グラフ)239には、指定要素のi端における指定方向の曲げモーメントM(横軸)と軸力Nとの相関関係を表わすグラフが骨組構造物の揺れる動画に同期して、図9に示すように表示される。なお、G1及びH1グラフにおいて、エンドレスの曲線51、52は降伏曲面の断面を意味する補助線である。

【0062】さらに、選択メニューに表示されているI1グラフの選択マトリクステーブルI1、I2は、グラフ表示部(I1グラフ)240に表示されるグラフを選択するもので、図8に示す要素系グラフと同様の時刻歴データ描画用の選択機能を有するほか、入力外力であるファイル「*.rel」の成分をグラフとして選択表示できる機能を有している。

【0063】また、図6に示す選択メニューのG1及びH1グラフの選択マトリクステーブルG11、H11において、「降伏曲面」という項目の「なし」をマウスにより選択すると、図5に示す選択メニューのDグラフ、

Eグラフ及びFグラフと同様の表示となる。また、表示選択項目「MM」をマウスにより選択すると、G1グラフ用選択マトリクステーブルG11の右側には、同図に示す如き2軸曲げモーメント間の相関データが表示され、そのグラフが降伏曲面の断面と共に作成される。そして、表示選択項目「NM」をマウスにより選択すると、H1グラフ用選択マトリクステーブルH11の右側には、同図に示す如き軸力と曲げモーメントとの相関データが表示され、そのグラフが降伏曲面の断面と共に作成される。この場合、グラフのX軸及びY軸に選ばれる物理量が特定されるので、要素のいずれの端部でのデータかを決定すればよい。指定された要素の降伏曲面の断面を補助線として描くための各パラメータの値もファイル「*.nmm」を参照して自動的に表示される。

【0064】一方、図9に示す表示画面231が表示装置23に表示されているときに、図3に示すメインメニュー上の項目「画面拡大A」をマウス21bでクリックすると、図11に示すように、図9に示すアニメーション表示部233を拡大したアニメーション表示部233が表示画面231上に表示されるとともに、グラフ表示部(I1グラフ)240に1つの物理量の時系列グラフが表示される。

【0065】かかる状態において、アニメーション表示部233に表示された骨組構造物の全ての要素に対して、その物理量レベル(弾塑性状態)を色分け表示する場合は、まず、図11に示す表示画面231のグラフ表示部240において、そこに表示されているグラフ71上の任意の時系列点71a(または、時系列点71aに対応するグラフ時間軸上の点)をマウス21bによりピクする。時系列点71aが指定されると、この点の時刻が時系列点検出部34により検出され、その時刻情報を制御装置20に出力する。制御装置20では、指定された時刻における各要素の軸変形、曲げまたは剪断変形などの物理量データを要素系データ記憶部26から読み出して、要素の弾塑性状態判定部35に順次取り込むことにより、この各物理量データから各要素の物理量レベルが弾性状態か、ひび割れ状態か、または降伏状態かを判定する。これら判定結果のデータは表示色設定部37に出力され、物理量レベルの判定結果が弾性状態か、ひび割れ状態か、または降伏状態かに応じて各要素の表示色を設定して、その表示色設定信号を主表示制御部24に出力する。

【0066】主表示制御部24では、図11に示すように、表示装置23の表示画面231のアニメーション表示部233に表示されている骨組構造物72の各要素にボックスマーク73を付加するとともに、この各ボックスマーク73の表示色を表示色設定部37からの表示色設定信号に応じて決定し、各要素の弾塑性状態を色分け表示する。この時、アニメーション表示部233に表示される骨組構造物72のCG画像は静止画となる。図1

1において、白抜きのボックスマーク73で示す要素の物理量レベルは弾性状態にあることを表わし、斜線入りのボックスマーク73で示す要素の物理量レベルはひび割れ状態にあることを表わし、また、黒塗りのボックスマーク73で示す要素の物理量レベルは降伏状態にあることを表わしている。

【0067】従って、アニメーション表示部233に表示された骨組構造物72のCG画像を見ることにより、外力応答シミュレーション時における各要素の物理量レベルである弾塑性状態をCG画面上から容易に認識することができる。

【0068】また、上記図11に相当する前後のCG画像を駒送り、駒戻しによりアニメーション表示部233に表示する場合は、図3に示すメインメニュー上の「アニメーション制御」をマウス21bによりクリックすることにより行われる。このように、骨組構造物のCG画像の拡大表示や駒送り、駒戻し機能を発揮させることにより、注目する部位や応答時刻を容易に捉えることができる。

【0069】図10は、骨組構造物である建築物の層レベルで持っているデータをグラフ化する場合の相関系グラフ（層）の表示画面を示す。図10に示す相関系グラフにおいて、グラフ表示部238には、層データ記憶部27に格納されているファイル「*.rel」の層剪断力と層間変位のデータに基づいて1階の層剪断力（縦軸）と層間変位（横軸）の関係がグラフ表示される。また、グラフ表示部239には、1階から最上階までの層剪断力がグラフ表示される。このグラフにおいて、曲線61は動画と同期した現時刻での層剪断力を表わし、曲線62は過去の履歴の最大値を表わしている。また、グラフ表示部240には、1階の層剪断力の時刻歴がグラフ表示される。

【0070】図12は、骨組構造物の各節点の変位または加速度の物理量レベルを表示した場合のアニメーション表示部の拡大表示画面を示す。このアニメーション表示部233を拡大表示する場合は、図3に示すメインメニュー上の項目「画面拡大B」をマウス21bでクリックすることにより行われる。そして、上記要素の物理量レベル表示と同様に、例えば図7に示すグラフ表示部237に描かれたグラフの任意に点をマウス21bによりピックアップすると、この点の時刻が時系列点検出部34により検出され、その時刻情報を制御装置20に出力する。制御装置20では、指定された時刻における各節点の変位または加速度などの物理量データを節点系データ記憶部25から読み出して、節点の物理量レベル判定部36に順次取り込むことにより、この各物理量データから各節点の物理量レベルが基準値以内か以上かを判定する。これら判定結果のデータは表示色設定部37に出力され、物理量レベルの判定結果が基準値以内か以上かに応じて各節点の表示色を設定して、その表示色設定信号を

主表示制御部24に出力する。

【0071】主表示制御部24では、図12に示すように、表示装置23の表示画面231のアニメーション表示部233に表示されている骨組構造物81の各節点にボックスマーク82を付加するとともに、この各ボックスマーク82の表示色を表示色設定部37からの表示色設定信号に応じて決定し、各節点の変位または加速度レベルを色分け表示する。この時、アニメーション表示部233に表示される骨組構造物81のCG画像は静止画となる。図12において、白抜きのボックスマーク82で示す節点の変位または加速度レベルは基準値以内にあることを表わし、黒塗りのボックスマーク82で示す節点の変位または加速度レベルは基準値以上であることを表わしている。

【0072】従って、アニメーション表示部233に表示された骨組構造物81のCG画像を見ることにより、外力応答シミュレーション時における各節点の変位または加速度レベルをCG画面上から容易に認識することができる。

【0073】このように本実施例においては、地震等の時間と共に変化する外力の応答解析結果である骨組構造物10の揺れの状態（動画）と、同時刻における各節点12や各要素11等の物理量を表示するグラフとを同期させて表示装置23にリアルタイムに表示している時に、骨組構造物10の全ての節点12や要素11または面要素13の物理量レベルを表示する場合は、表示装置23に表示された節点系グラフ、要素系グラフまたは相関系グラフ上の任意の点もしくは該グラフの時間軸上の任意の点をマウス21bで指定し、この指定された時系列点を時系列点検出部34により検出し、その時刻情報を制御装置20に出力することにより、指定された時刻における各節点12や要素11または面要素13の物理量データを各データ記憶部25、26から読み出して、要素の弾塑性状態判定部35または節点の物理量レベル判定部36に順次取り込むことにより、この各物理量データから各要素または面要素については、その物理量レベルが弾性状態か、ひび割れ状態か、または降伏状態かを判定し、また各節点については、その変位または加速度レベルが基準値以内か以上かを判定し、これら判定結果のデータに基づいて表示色設定部37により、指定された時系列点における各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルの表示色を設定し、表示装置に表示された骨組構造物の対応する各節点、各要素または各面要素部分に付加したボックスマークを物理量レベル値に応じて色分け表示する構成にした。

【0074】従って、本実施例によれば、骨組構造物を構成する各節点や各要素及び面要素の物理量レベルを簡単な操作で容易に表示できるとともに、各節点の変位や加速度のレベル、または各要素や面要素の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降

伏状態等の弾塑性の状態変化をCG画面上から容易に視認し得る。また、本実施例においては、各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを表示装置に表示するときの骨組構造物を静止画とし、かつ静止画で表示される骨組構造物の前後の画像を駒送り、駒戻しにより表示する構成にしたので、注目する部位及び応答時刻を容易に捉えることが可能になる。

【0075】なお、本発明は、上記実施例に示す構成のものに限定されず、請求項に記載した範囲を逸脱しない限り、種々の変形、変更が可能である。

【0076】

【発明の効果】上述したように本発明は、地震等の時間と共に変化する外力の応答解析結果である骨組構造物の時間と共に変化する変形データを用いて骨組構造物の揺れを動画にし、同時刻における骨組構造物の節点に関する物理量や骨組構造物の要素に関する物理量のグラフ、要素の相関係グラフまたは骨組構造物層レベルの相関係グラフを骨組構造物の揺れの動画に同期させて表示装置にリアルタイムに表示する骨組構造物の応答シミュレーション表示システムであって、前記骨組構造物の外力応答解析結果から時系列データとして得られる各節点に関する節点系データ、各要素に関する要素系データ及び層認識のある前記骨組構造物の解析結果に存在する各層の層剪断力と層間変位データを格納する解析結果データ記憶手段と、システム全体を操作するマンマシンインタフェース用のメインメニューを前記表示装置に表示するとともに該メインメニュー上の節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ等の表示項目の1つをクリックすることにより、該クリックされた表示項目に相当する骨組構造物のアニメーション表示を含む表示処理を実行させるメインメニュー表示制御手段と、前記表示装置に表示された前記節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフをクリックすることにより前記解析結果データ記憶手段から前記節点、要素または層に関する物理量の時系列データを読み出し、該物理量のグラフを前記表示装置に前記骨組構造物のアニメーション表示と同期して表示するグラフ表示制御手段と、前記表示装置に表示された前記節点系グラフ、要素系グラフまたは相関係グラフ上の任意の時系列点もしくは該グラフの時間軸上の任意の時系列点を指定する時系列点指定手段と、前記指定された時系列点における各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを前記表示装置に表示された骨組構造物の対応する各節点、各要素または各面要素部分に物理量レベル値に応じて色分け表示する物理量レベル表示制御手段とを備えてなるものである。

【0077】また、本発明は、前記物理量レベル表示制御手段を、各要素の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降伏状態等の弾塑性域の物理量レベルを判定する要素の弾塑性状態判定部と、各節点の変位や加速度のレベルが基準値以内か以上かを判定

する節点の物理量レベル判定部と、前記各判定部からの判定結果に基づいて要素または節点の表示色を設定する表示色設定部とから構成した。さらに、本発明は、前記指定手段を、前記表示装置に表示される各節点や各要素または面要素の物理量の時刻歴グラフ上の任意の点もしくは該グラフの時間軸上の任意の点をピックアップする手段と、該手段でピックアップしたときの時系列点を検出する時系列点検出部とから構成した。

【0078】従って、本発明によれば、骨組構造物を構成する各節点や各要素及び面要素の物理量レベルを簡単な操作で容易に表示できるとともに、各節点の変位や加速度のレベル、または各要素や面要素の軸変形、曲げ、剪断変形等に対する弾性状態、ひび割れ状態及び降伏状態等の弾塑性の状態変化をCG画面上から容易に視認することができる。また、本発明においては、各節点、各要素または各面要素の有する物理量レベルを表示装置に表示するときの骨組構造物を静止画とし、かつ静止画で表示される骨組構造物の前後の画像を駒送り、駒戻しにより表示することにより、注目する部位及び応答時刻を容易に捉えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による骨組構造物の応答シミュレーション表示システムの構成を示す概略ブロック図である。

【図2】図1の応答シミュレーション表示システムにてシミュレーションを行う骨組構造物の説明図である。

【図3】本実施例におけるメインメニューの一例を示す説明図である。

【図4】本実施例における節点系グラフの選択メニューの一例を示す説明図である。

【図5】本実施例における要素系グラフの選択メニューの一例を示す説明図である。

【図6】本実施例における相関係グラフの選択メニューの一例を示す説明図である。

【図7】本実施例における節点系グラフの表示画面の一例を示す説明図である。

【図8】本実施例における要素系グラフの表示画面の一例を示す説明図である。

【図9】本実施例における要素用相関係グラフの表示画面の一例を示す説明図である。

【図10】本実施例における層用相関係グラフの表示画面の一例を示す説明図である。

【図11】本実施例における各要素の物理量レベルの表示画面の一例を示す説明図である。

【図12】本実施例における各節点の物理量レベルの表示画面の一例を示す説明図である。

【符号の説明】

10 骨組構造物

11 要素

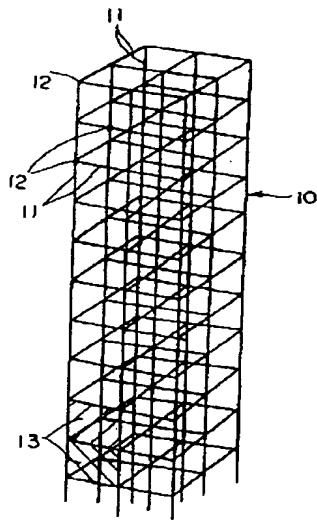
12 節点

21

- 20 制御装置
- 21 入力装置
- 21a キーボード
- 21b マウス
- 22 記憶装置
- 23 表示装置
- 24 主表示制御部
- 25 節点系データ記憶部
- 26 要素系データ記憶部
- 27 層データ記憶部
- 28 システム設定データ記憶部
- 29 形状認識データ記憶部
- 30 外力データ記憶部

*

【図2】



【図3】

開始
リセット
停止
続行
節点系グラフ
要素系グラフ
相関系グラフ1(要素)
相関系グラフ2(層)
アニメーション制御
視点データ制御
画面拡大A
画面拡大B
復元
観測データ切り替え
解析条件変更
罫線 ON-OFF
終了

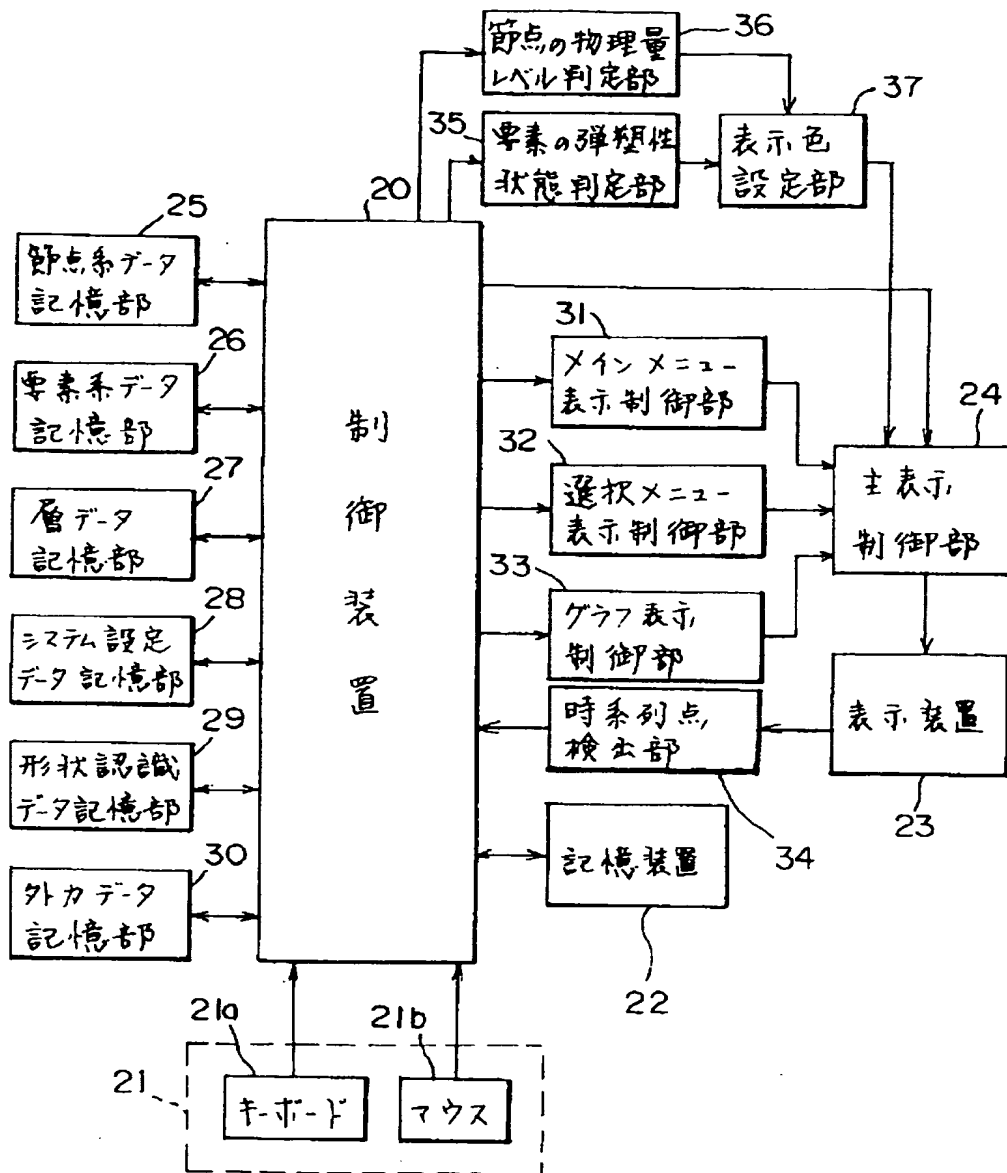
22

- * 31 メインメニュー表示制御部
- 32 選択メニュー表示制御部
- 33 グラフ表示制御部
- 34 時系列点検出部
- 35 要素の弾塑性状態判定部
- 36 節点の物理量レベル判定部
- 37 表示色設定部
- 231 表示画面
- 232 解析条件表示部
- 10 233 アニメーション表示部
- 234 メインメニュー表示部
- 235~240 グラフ表示部

【図4】

メニュー: 2つ																					
画面番号 (1): 1 (2): 2																					
< Aグラフ > 表示: する/しない																					
A1	<table border="1"> <tr><td>*.dis:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.vel:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.acc:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.inp:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> </table>	*.dis:	X	Y	Z	T	*.vel:	X	Y	Z	T	*.acc:	X	Y	Z	T	*.inp:	X	Y	Z	T
*.dis:	X	Y	Z	T																	
*.vel:	X	Y	Z	T																	
*.acc:	X	Y	Z	T																	
*.inp:	X	Y	Z	T																	
A2	<table border="1"> <tr><td>*.dis:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.vel:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.acc:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.inp:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> </table>	*.dis:	X	Y	Z	T	*.vel:	X	Y	Z	T	*.acc:	X	Y	Z	T	*.inp:	X	Y	Z	T
*.dis:	X	Y	Z	T																	
*.vel:	X	Y	Z	T																	
*.acc:	X	Y	Z	T																	
*.inp:	X	Y	Z	T																	
< Bグラフ > 表示: する/しない																					
B1	<table border="1"> <tr><td>*.dis:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.vel:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.acc:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.inp:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> </table>	*.dis:	X	Y	Z	T	*.vel:	X	Y	Z	T	*.acc:	X	Y	Z	T	*.inp:	X	Y	Z	T
*.dis:	X	Y	Z	T																	
*.vel:	X	Y	Z	T																	
*.acc:	X	Y	Z	T																	
*.inp:	X	Y	Z	T																	
B2	<table border="1"> <tr><td>*.dis:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.vel:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.acc:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.inp:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> </table>	*.dis:	X	Y	Z	T	*.vel:	X	Y	Z	T	*.acc:	X	Y	Z	T	*.inp:	X	Y	Z	T
*.dis:	X	Y	Z	T																	
*.vel:	X	Y	Z	T																	
*.acc:	X	Y	Z	T																	
*.inp:	X	Y	Z	T																	
< Cグラフ > 表示: する/しない																					
C1	<table border="1"> <tr><td>*.dis:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.vel:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.acc:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.inp:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> </table>	*.dis:	X	Y	Z	T	*.vel:	X	Y	Z	T	*.acc:	X	Y	Z	T	*.inp:	X	Y	Z	T
*.dis:	X	Y	Z	T																	
*.vel:	X	Y	Z	T																	
*.acc:	X	Y	Z	T																	
*.inp:	X	Y	Z	T																	
C2	<table border="1"> <tr><td>*.dis:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.vel:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.acc:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> <tr><td>*.inp:</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>T</td></tr> </table>	*.dis:	X	Y	Z	T	*.vel:	X	Y	Z	T	*.acc:	X	Y	Z	T	*.inp:	X	Y	Z	T
*.dis:	X	Y	Z	T																	
*.vel:	X	Y	Z	T																	
*.acc:	X	Y	Z	T																	
*.inp:	X	Y	Z	T																	
中止 マーク表示 データ指定																					

【図1】



【図5】

マウス指定の要素: ☒ 2つ マウス指定の要素: ☒ 2

表示番号 (1): 121 (2): _____ ☒ 2

表示番号 (1): _____ (2): _____ ☒ 2

< Dグラフ > 表示: ☒ しない

xi: N	dx	Mx	θx	xi: N	dx	Mx	θx
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: Fy	dy	Fz	dz	xi: Fy	dy	Fz	dz
xi: mkw: O	S	xi: mkw: O	S				

< Eグラフ > 表示: ☒ しない

xi: N	dx	Mx	θx	xi: N	dx	Mx	θx
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: Fy	dy	Fz	dz	xi: Fy	dy	Fz	dz
xi: mkw: O	S	xi: mkw: O	S				

< Fグラフ > 表示: ☒ しない

xi: N	dx	Mx	θx	xi: N	dx	Mx	θx
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: Fy	dy	Fz	dz	xi: Fy	dy	Fz	dz
xi: mkw: O	S	xi: mkw: O	S				

中止 マーク表示 データ設定

【図6】

マウス指定の要素: ☒ 2 マウス指定の要素: _____

表示番号: 121 表示番号: _____

< G1グラフ > 表示: ☒ しない 関数: なし MM NM

X軸 Y軸 材料番号: 1

xi: My My軸交点: 2000

xi: My - Mz Mz軸交点: 2000

パラメータ: 0.5

パラメータb: 2

< H1グラフ > 表示: ☒ しない 関数: なし MM NM

xi: N 材料番号: 1

xi: My ベクトルX: 1

xi: My - Mz ベクトルY: 1

パラメータ: 0.5

パラメータb: 2

ベクトル方向の交点: 2000

N(=M)軸の交点: 1500

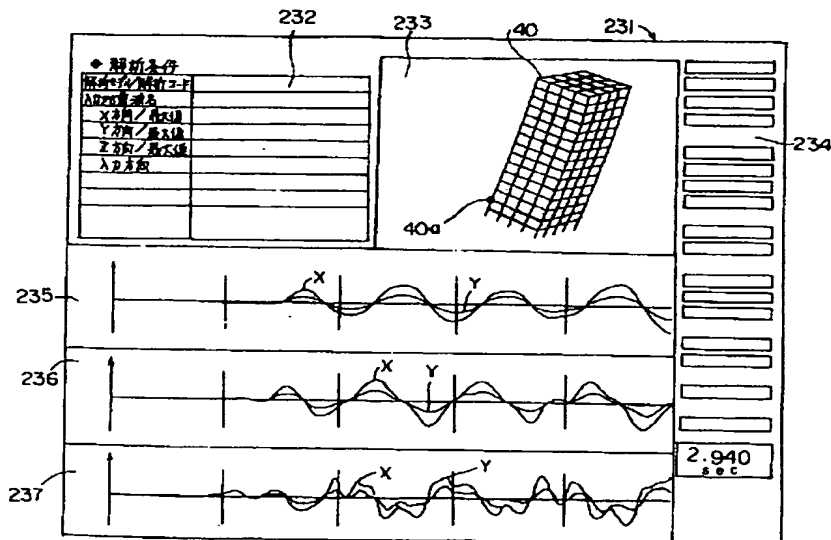
N(=M)軸の交点: -500

< Iグラフ > 表示: ☒ しない

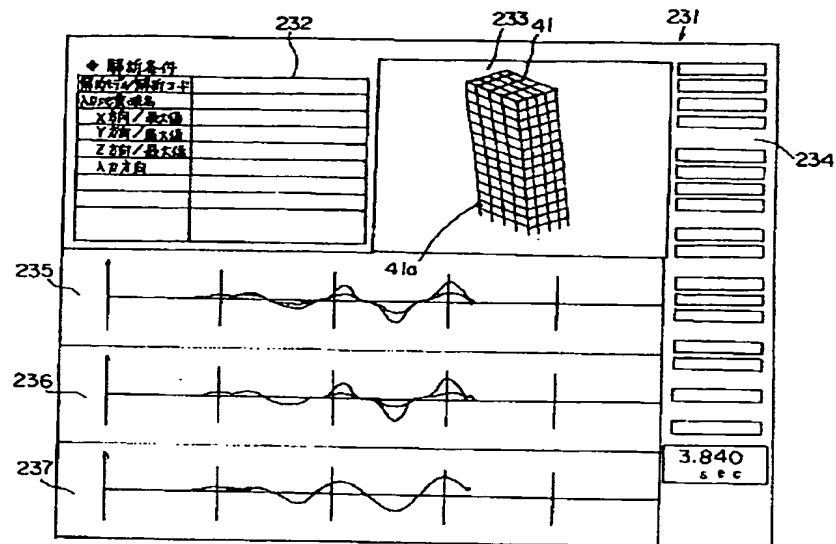
xi: N	dx	Mx	θx	xi: N	dx	Mx	θx
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: My	θy	Mz	θz	xi: My	θy	Mz	θz
xi: Fy	dy	Fz	dz	xi: Fy	dy	Fz	dz
xi: mkw: O	S	xi: mkw: O	S				
xi: inp: X	Y	Z	xi: inp: X	Y	Z		

中止 マーク表示 データ設定

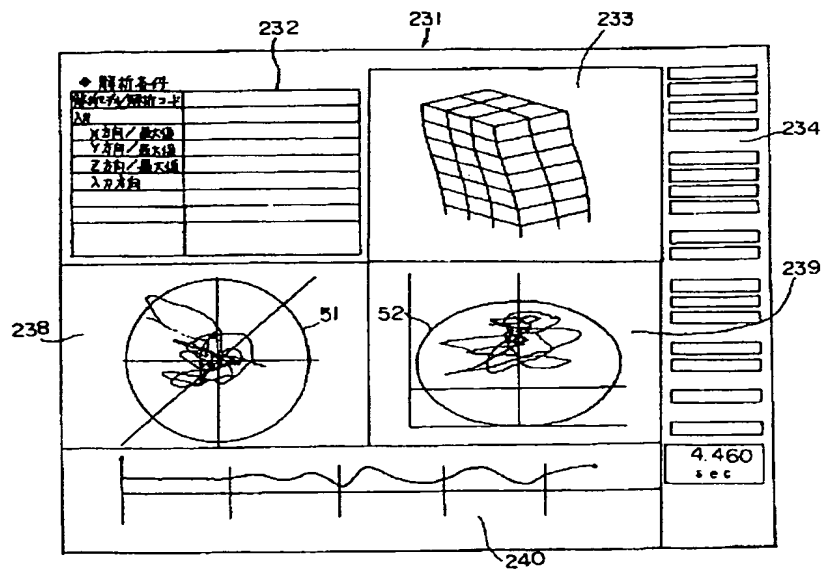
【図7】



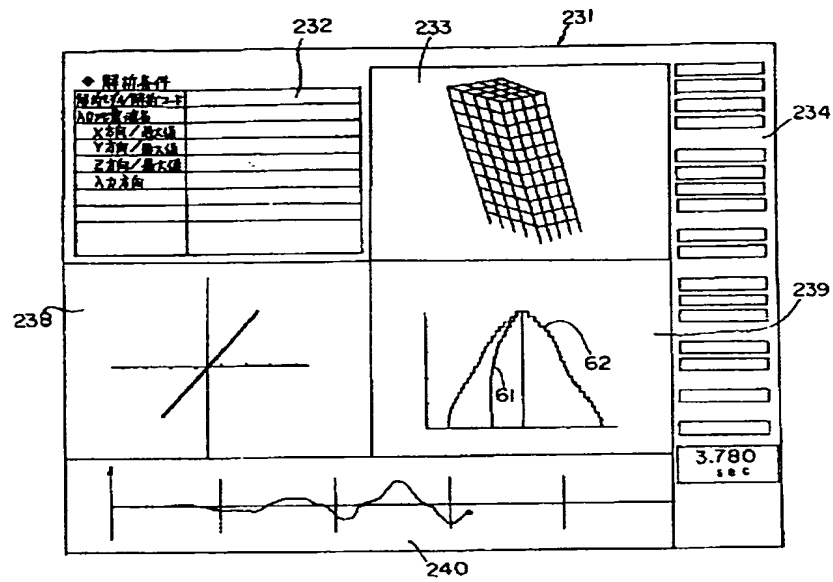
【図8】



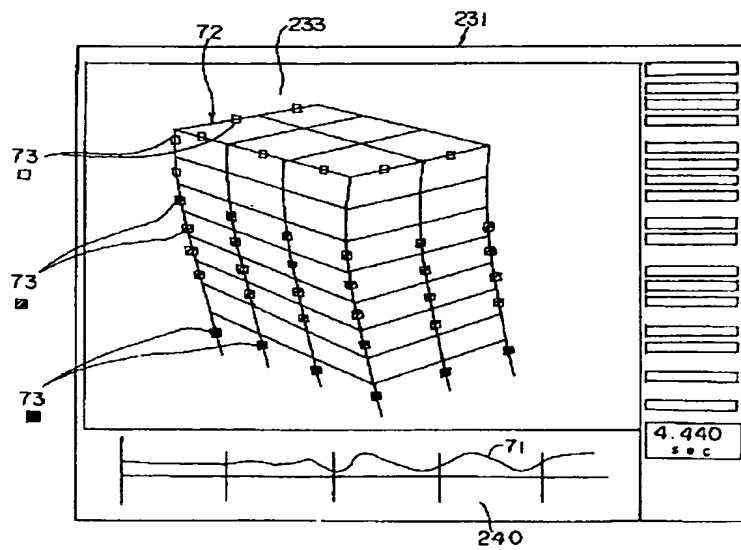
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

